

# VU Research Portal

## The Clinical Assessment of Energy Expenditure in Pathological Gait

Brehm, M.A.

2007

### **document version**

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

### **citation for published version (APA)**

Brehm, M. A. (2007). *The Clinical Assessment of Energy Expenditure in Pathological Gait*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

### **E-mail address:**

[vuresearchportal.ub@vu.nl](mailto:vuresearchportal.ub@vu.nl)

# **Samenvatting**

Het klinisch testen van het energieverbruik  
tijdens lopen

## Introductie

De capaciteit om te kunnen lopen is vaak een belangrijke voorwaarde voor de uitvoering van activiteiten in het dagelijks leven. Echter, veel patiënten met aandoeningen aan het bewegingsapparaat ervaren beperkingen in het lopen. Deze kunnen de fysieke mobiliteit beperken, en derhalve leiden tot een significante handicap.

Het doel van revalidatiebehandeling is de beperkingen die een patiënt ondervindt in de uitvoering van activiteiten in het dagelijks leven te minimaliseren. Hoewel dit vaak behandeling vereist op stoornis niveau, is evaluatie van de behandeling op het patiëntrelevante niveau van activiteit beperkingen ook belangrijk. Wanneer dergelijke activiteit beperkingen gerelateerd zijn aan verminderde mobiliteit op basis van een verhoogde fysieke inspanning van het lopen, dan is meting van het energieverbruik tijdens lopen een zeer geschikt evaluatie-instrument.

Het energieverbruik kan, zonder al teveel hinder op te leveren voor de patiënt, gemeten worden met computergestuurde draagbare gas-analyse apparatuur. Het gebruik van dergelijke systemen biedt de mogelijkheid om de zuurstof opname ( $\dot{V}O_2$ ) en koolstof dioxide afgifte ( $\dot{V}CO_2$ ) te meten tijdens een veldtest, hetgeen de patiënt in staat stelt om op een eigen zelfgekozen snelheid te lopen. Dit is voor patiënten met loopafwijkingen vaak de meest prettige en uitvoerbare manier van lopen. Tevens hebben diverse studies aangetoond dat het lopen op een zelfgekozen snelheid meestal resulteert in een comfortabele loopsnelheid, die dicht bij de meest efficiënte snelheid van de patiënt ligt. Dit levert uiteindelijk een uitkomstwaarde op die een valide vergelijking van data binnen en tussen patiënten toestaat.

Om de computergestuurde draagbare apparatuur toe te passen voor het doel van klinisch testen op individueel niveau, is het van essentieel belang dat de methodologische kwaliteit voldoende toereikend is. Dit betekent dat naast het vaststellen van de nauwkeurigheid van de meetapparatuur er tevens informatie bekend moet zijn over de reproduceerbaarheid van de uitkomstmaten.

Het energieverbruik tijdens lopen wordt over het algemeen uitgedrukt met twee uitkomstmaten, de energie consumptie (*ECS*) en energie kosten (*EK*). De *ECS* verwijst naar de intensiteit van fysieke inspanning tijdens lopen, en de *EK* naar de hoeveelheid energie die gebruikt wordt om de loopactiviteit uit te voeren. De *ECS* en *EK* kunnen vervolgens gerapporteerd worden in termen van bruto verbruik (= totale verbruik) of netto verbruik (= bruto verbruik – rust verbruik). Informatie over de reproduceerbaarheid van deze verschillende uitkomstmaten is beperkt, vooral in klinische populaties, almede informatie over de nauwkeurigheid van de meetapparatuur. Beide studieonderwerpen worden dan ook in de hoofdstukken 2-5 behandeld.

De beoordeling van het energieverbruik wordt niet alleen geëvalueerd voor het doel van klinische testen op individueel niveau, maar ook in de context van klinische uitkomst studies, om zodoende bewijsvoering voor de doeltreffendheid van revalidatiebehandelingen te verkrijgen. In de hoofdstukken 6 en 7 worden twee klinische uitkomst studies gepresenteerd, waarin de *EK* als primaire uitkomstmaat wordt gebruikt om het effect van orthese interventies te evalueren, en om de relatie met afwijkingen in het looppatroon te bepalen.

### **Doelstelling van het proefschrift**

Het doel van dit proefschrift is om de klinische toepasbaarheid van het beoordelen van het energieverbruik tijdens lopen, als klinisch meetinstrument op het patiëntrelevante activiteiten niveau, te evalueren. Aanvankelijk wordt deze evaluatie gedaan voor het doel van klinische testen op individueel niveau, en omvat het bepalen van de methodologische kwaliteit van de huidige meettechnieken en meetmethodes die in de praktijk van revalidatiegeneeskunde gebruikt worden. Het tweede deel betreft de toepassing van metingen van het energieverbruik in klinische uitkomst studies, om zodoende de doeltreffendheid van interventies, zoals de orthese behandeling, in patiënten met aandoeningen aan het bewegingsapparaat te evalueren.

## **Hoofdstuk 2: de validatie van het mobiele VmaxST systeem voor meting van de zuurstof opname**

Het energieverbruik tijdens lopen kan, zonder al teveel hinder op te leveren voor de patiënt, bepaald worden met geautomatiseerde draagbare gas-analyse systemen, die zowel de  $VO_2$  als de  $VCO_2$  meten. Om dergelijke systemen in de klinische praktijk van revalidatiegeneeskunde te gebruiken, is het belangrijk dat de meetapparatuur voldoende accuraat is. In deze studie is de nauwkeurigheid van het mobiele VmaxST systeem gevalideerd aan de Douglas Bag (DB) methode voor de toepassing in klinische gangbeeld studies. De metingen voor deze nauwkeurigheidsevaluatie werden uitgevoerd bij 10 gezonde volwassenen tijdens 5 minuten rustig zitten en tijdens 5 minuten fietsen op een belasting van 80Watt (d.w.z op een energiebelastingniveau dat gemiddeld genomen wordt bereikt tijdens het lopen op basis van loopafwijkingen)

De resultaten laten zien dat er significante verschillen zijn tussen het VmaxST systeem en de DB methode voor de uitkomstmaten  $VO_2$  en energieverbruik, in zowel de rust conditie als de fiets conditie. Echter de grootte van deze verschillen was kleiner dan 7.5%, hetgeen in fysiologische en klinische termen niet van belang is voor de meeste doeleinden. Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat het VmaxST systeem een accuraat instrument is voor het bepalen van het submaximale energieverbruik tijdens lopen bij patiënten met loopafwijkingen.

## **Hoofdstuk 3: het energieverbruik tijdens lopen bij oud-poliopatiënten: de relatie met spierkracht en de reproduceerbaarheid.**

Voor diverse patiëntengroepen met aandoeningen aan het bewegingsapparaat is reeds aangetoond dat het energieverbruik tijdens lopen verhoogd is. Echter, de energie uitgaven tijdens lopen bij oud-poliopatiënten zijn nog niet uitgebreid beschreven. Zoals in hoofdstuk 2 werd genoemd, kan het energieverbruik tijdens lopen nauwkeurig worden gemeten met behulp van computergestuurde draagbare

gas-analyse apparatuur. Echter, om het gebruik van energie uitkomsten als ECS en EK voor de klinische toepassing te overwegen, d.w.z om patiënten en de effecten van interventies te evalueren, is informatie over de reproduceerbaarheid noodzakelijk. De reproduceerbaarheid van ECS en EK werd geëvalueerd bij 14 voormalig polio patiënten en bij 14 gezonde volwassenen tijdens 10 minuten rustig zitten en tijdens 5 minuten lopen op een zelfgekozen comfortabele snelheid. De metingen werden vier keer herhaald op vier verschillende dagen, met een interval van 1 week tussen de meetdagen.

De resultaten laten zien dat de reproduceerbaarheid van de EK uitkomst superieur is ten opzichte van de ECS uitkomst. Verder is aangetoond dat de EK uitkomst beter reproduceerbaar is voor gezonden, dan voor oud-poliopatiënten. Toch kan geconcludeerd worden dat de EK tijdens lopen een voldoende gevoelige maat is om klinisch relevante veranderingen te detecteren in een individuele polio patiënt; d.w.z de meetfout ofwel ruismarge voor EK was kleiner dan 10%, terwijl een verandering als klinisch relevant worden beschouwd wanneer deze groter is dan 10%. Wat verder geconcludeerd kan worden, is dat oud-poliopatiënten, in vergelijking met gezonden, veel meer energie verbruiken tijdens lopen, namelijk 40% meer per afgelegde meter. Deze verminderde loopefficiëntie is sterk gerelateerd aan de mate van spierzwakte in de onderste extremiteiten.

## **Hoofdstuk 4: een reproduceerbaarheidsvaluatie van de bruto en netto loopefficiëntie bij kinderen met cerebrale parese.**

In de evaluatie van de EK tijdens lopen, ofwel loopefficiëntie, is het gebruik van een bruto evaluatie protocol (d.w.z meting van het totale energieverbruik) algemeen gangbaar. Echter, sinds de laatste jaren wordt het gebruik van een netto protocol (bruto – rust) aanbevolen, vooral in de evaluatie bij kinderen. In de huidige klinische gangbeeld studies wordt het netto protocol dan ook in toenemende mate toegepast. Met deze groeiende toepassing, is het essentieel geworden om de reproduceerbaarheid van de netto uitkomsten te bepalen voor de juiste interpretatie

van de resultaten. Vreemd genoeg, tot op heden is er niets bekend over de reproduceerbaarheid van het netto protocol versus het gangbare bruto protocol. Daarom werd een vergelijkend reproduceerbaarheidsonderzoek van bruto en netto EK uitkomsten uitgevoerd bij 13 kinderen met cerebrale parese (CP) en 10 gezonde kinderen tijdens 10 minuten rustig zitten en 5 minuten lopen op een zelfgekozen comfortabele snelheid. De metingen werden vier keer herhaald op vier verschillende dagen, met een interval van 1 week tussen de meetdagen.

De resultaten van de reproduceerbaarheidsevaluatie tonen aan dat de EK uitkomst beter reproduceerbaar is voor gezonde kinderen, dan voor kinderen met CP. Verder blijkt de reproduceerbaarheid van de bruto EK uitkomst superieur t.o.v. de netto EK uitkomst, doordat de netto uitkomst meer intra-individuele variabiliteit bevat als gevolg van variaties in de rust ECS tussen de vier meetdagen.

In conclusie, de bruto EK lijkt een gevoeliger uitkomst te zijn voor het detecteren van klinisch relevante veranderingen in de loopefficiëntie van individuele kinderen met CP, dan de netto EK uitkomst. Wat verder geconcludeerd kan worden is dat kinderen met CP, in vergelijking met gezonde kinderen, veel meer energie verbruiken tijdens lopen, namelijk 43% meer per afgelegde meter.

## **Hoofdstuk 5: methodologische overwegingen voor het verbeteren van de reproduceerbaarheid van de netto loopefficiëntie voor toepassing in klinische gangbeeld studies**

In de huidige klinische gangbeeld studies, en vooral in de studies die het pathologische lopen van kinderen evalueren, wordt het gebruik van de netto EK uitkomst, veeleer dan de bruto EK uitkomst, aanbevolen. Echter, zoals in hoofdstuk 4 werd aangetoond, is de reproduceerbaarheid van de netto EK inferieur aan de reproduceerbaarheid van de bruto EK. Derhalve, lijkt de netto EK een minder gevoelige uitkomst om klinisch relevante veranderingen in de efficiëntie van het lopen te detecteren, hetgeen een nadeel is in de evaluatie van individuele patiënten. Niettemin, zijn er ook belangrijke voordelen verbonden aan het gebruik van de netto EK uitkomst, doordat deze uitkomst onafhankelijk is van de rust ECS. Dit maakt de

netto EK uitkomst in klinisch opzicht meer betekenisvol. Het doel van deze studie was dan ook om het potentieel te evalueren van twee methoden ter verbetering van de reproduceerbaarheid, om zodoende de bruikbaarheid van de netto EK uitkomst voor klinische doeleinden te vergroten. De reproduceerbaarheid van de bruto en netto EK werd geëvalueerd bij 14 oud-poliopatiënten, 14 gezonde volwassenen, 13 kinderen met CP en 10 gezonde kinderen tijdens 10 minuten rustig zitten en tijdens 5 minuten lopen op een zelfgekozen comfortabele snelheid. De metingen werden vier keer herhaald op vier verschillende dagen, met een interval van 1 week tussen de meetdagen.

De eerste methode voor verbetering van de reproduceerbaarheid bestond uit het optimaliseren van het protocol voor data-analyse. Op basis van het gebruikte rustprotocol van 10 minuten was het mogelijk om meerdere rust intervallen te selecteren voor het berekenen van de netto EK uitkomst. Zodoende kon voor elke groep een interval geselecteerd worden waarin de meetfout het kleinst was. Voor beide patiënten groepen als ook voor de gezonde proefpersonen blijkt de methode effectief met betrekking tot het reduceren van de meetfout. Naast data-analyse optimalisatie, kan een verdere reductie van de meetfout bereikt worden door veranderingen in het studieontwerp aan te brengen, d.w.z door het vermeerderen van het aantal metingen (zie Figuur 2 op pagina 84).

In conclusie, data-analyse optimalisatie en het gebruik van een multiple studie design kunnen de variabiliteit in de netto EK bij patiënten met aandoeningen aan het bewegingsapparaat wezenlijk verminderen. Hierdoor kan de klinische bruikbaarheid van deze uitkomst aanzienlijk worden vergroot.

## **Hoofdstuk 6: het effect van enkel-voet orthesen op de loopefficiëntie en het looppatroon bij kinderen met cerebrale parese.**

Zoals in hoofdstuk 4 beschreven, kunnen loopafwijkingen bij kinderen met CP leiden tot een EK tijdens lopen die meer dan twee keer zo hoog is in vergelijking met gezonde kinderen. Een dergelijke vermindering van loopefficiëntie kan het



niveau van fysiek functioneren negatief beïnvloeden. Dat wil zeggen, kinderen met CP zijn ontvankelijk voor vroegtijdige en/of overmatige vermoeidheid tijdens het uitvoeren van hun dagelijkse activiteiten. De orthese behandeling, en specifiek de toepassing van enkel-voet ortheses (*EVOs*), is een veel toegepaste revalidatie interventie die een belangrijke rol speelt bij het verminderen van loopafwijkingen. Deze studie evalueerde het effect van twee typen *EVOs* op de netto EK tijdens lopen in een heterogene groep van 181 kinderen met CP. Verder werd onderzocht welke veranderingen in het looppatroon, ten gevolge van het dragen van de *EVO*, mogelijk gerelateerd zijn aan veranderingen in de EK.

De resultaten laten zien dat het gebruik van een *EVO* resulteert in een significante vermindering van de netto EK, ten opzichte van het lopen op blote voeten. Dit interventie-effect is meer significant voor ernstig aangedane kinderen met CP (kinderen met een triplegie), dan voor kinderen met een mildere vorm van CP (kinderen met hemiplegie en diplegie). De vermindering in EK is gerelateerd aan een sneller en een efficiënter looppatroon, alhoewel dit zich niet manifesteert als een prominente verandering in het looppatroon. Alleen een verandering in de kniehoek tijdens midstance en terminal swing is significant gerelateerd aan de verandering in de EK, d.w.z de groep kinderen bij wie de kniehoek verbetert in de richting van het normale patroon, laat een vermindering in EK zien, en visa versa. Deze bevinding ondersteunt de hypothese dat een afname in de mate van knieflexie tijdens de standfase zich vertaalt in een vermindering van de hoeveelheid geleverde spierkracht, hetgeen een deel van de efficiëntie verbetering zou kunnen verklaren.

Verschillen in de baseline karakteristieken van de groep kinderen die een afname in EK versus een verhoging in EK liet zien, werden niet gevonden. Dit wijst erop, dat het aannemelijk is dat ook verschillen in de configuratie van de *EVO* (d.w.z het ontwerp, het type van materiaal + stijfheid, de combinatie met schoeisel, enz.) een significant effect op de loopefficiëntie kunnen hebben gehad. Toekomstig onderzoek naar het effect van *EVOs* in kinderen met CP zou zich moeten richten op (grootschalige) prospectieve studies, waarin specifieke hypothesen gerelateerd aan doelstellingen en de configuratie van het *EVO* voorschrijft, in combinatie met schoeisel ontwerp, zouden moeten worden onderzocht.

## **Hoofdstuk 7: het effect van koolstofcomposiet knie-enkel-voet orthesen op de loopefficiëntie en het looppatroon bij oud-poliopatiënten.**

Gewrichtsafwijkingen en de rest-parese in de onderste extremiteiten, als zijnde de late gevolgen van polio, leiden bij oud-poliopatiënten vaak tot loopafwijkingen. In Hoofdstuk 3 is reeds beschreven dat dergelijke loopafwijkingen kunnen resulteren in een verhoogde EK tijdens lopen. Zowel de verhoogde EK, als de loopafwijkingen als zodanig, kunnen de fysieke mobiliteit beperken, en derhalve leiden tot een significante handicap.

De orthese behandeling, zoals de toepassing van knie-enkel-voet orthesen (*KEVOs*), is een veel toegepaste interventie bij oud-poliopatiënten om de fysieke mobiliteit te handhaven of verbeteren. Voorheen, maar zeker ook nu nog, werden *KEVOs* gemaakt van leer en metaal (*LM*), waardoor orthesen vaak zwaar en onvoldoende corrigerend waren. De ontwikkeling naar *KEVOs* die gefabriceerd werden van plastic materialen, zoals polypropyleen, in combinatie met metaal (*PM*), resulteerde in lichtere orthesen. Echter, een nadeel van dergelijke plastic materialen is de beperkte stijfheid, waardoor *KEVOs* mogelijk nog steeds onvoldoende corrigerend zijn. De meest recente orthopedische techniek is de toepassing van koolstofcomposiet voor het vervaardigen van *KEVOs*. Het gebruik van dit materiaal, in combinatie met een heel nauw sluitende fitting methode, resulteert in orthesen die heel licht, stijf en sterk zijn. Deze studie onderzocht het effect van koolstofcomposiet orthesen op de loopefficiëntie en het looppatroon bij oud-poliopatiënten die normaal een *LM* of een *PM KEVO* dragen.

De resultaten laten zien dat koolstofcomposiet *KEVOs* de fysieke moeite van het lopen met klinische significantie verminderen, door het surplus in de netto EK t.o.v. normaalwaarden te verminderen met 18%. Verbeteringen in de knieflexie hoek, de voorwaartse verplaatsing van het aangrijpingspunt van de grondreactie kracht onder de voet, het maximale enkel moment en de timing van het maximale enkel vermogen zijn significant gerelateerd aan de verbeterde loopefficiëntie. Deze

biomechanische veranderingen in het looppatroon konden worden bewerkstelligd door de eigenschappen van koolstofcomposiet.

In conclusie, het optimaliseren van KEVOs ter verbetering van loopefficiëntie, door de toepassing van een koolstofcomposiet ontwerp en verbetering van de biomechanische werking, biedt een belangrijke optie om de fysieke moeite van het lopen te reduceren en zodoende het zelfstandig functioneren te handhaven.

## **Discussie**

De discussie in dit laatste hoofdstuk evalueert de klinische toepasbaarheid van het beoordelen van het energieverbruik tijdens lopen bij patiënten met loopafwijkingen, 1) door te reflecteren op 6 vereisten voor bruikbaarheid van het meetinstrument, 2) door de positie van het meetinstrument te vergelijken met andere klinische meetinstrumenten, en 3) door de rol van het meetinstrument voor klinische besluitvorming te bediscussiëren. Tevens zullen een aantal aanbevelingen worden gedaan voor toekomstig onderzoek en voor de klinische praktijk.

Om te bepalen of de beoordeling van het energieverbruik tijdens lopen bruikbaar is in de revalidatiebehandeling van patiënten met loopafwijkingen, werden zes vereisten voor bruikbaarheid geëvalueerd. Als een eerste vereiste voor bruikbaarheid werden in de hoofdstukken 2-5 de nauwkeurigheid en reproduceerbaarheid van metingen van het energieverbruik geëvalueerd. Deze evaluaties toonden aan dat:

1. Het VmaxST systeem, dat gebruikt werd om het energieverbruik tijdens lopen te meten, een nauwkeurig instrument is, dat geschikt is voor toepassing in klinische gangbeeld studies.
2. EK metingen beter reproduceerbaar zijn dan ECS metingen
3. Het gebruik van de bruto EK, in vergelijking tot de netto EK, een beter reproduceerbare maat lijkt te zijn voor de loopefficiency
4. De reproduceerbaarheid van de netto EK aanzienlijk verbeterd kan worden door optimalisatie van de data-analyse en het gebruik van een multiple studie design.

Dit resulteert in een hogere gevoeligheid om klinische relevante veranderingen in individuele patiënten te detecteren. Deze resultaten zijn weergegeven in een beslisboom (pagina 84).

Reflectie op de vijf andere vereisten voor bruikbaarheid liet zien dat energie uitkomsten en sterkte correlatie hebben met functionele capaciteit, ze niet direct waarneembaar zijn door de arts of therapeut, ze gemakkelijk identificeerbaar zijn in een fysieke of fysiologische analoog, en dat ze duidelijk onderscheid maken tussen normaal en abnormaal. Bovendien verandert de meettechniek de uitvoering van de geëvalueerde capaciteit niet beduidend.

Verdere ondersteuning voor de bruikbaarheid van energie metingen in de beoordeling van loopafwijkingen, kan worden gegeven door de waarde van het meetinstrument te vergelijken met andere klinische meetinstrumenten in de verschillende ICF domeinen. Deze vergelijking laat zien dat, in relatie tot andere capaciteit meetinstrumenten, de beoordeling van het energieverbruik tijdens lopen het meest geschikte instrument is om de fysieke inspanning van het lopen te bepalen. Namelijk, het verstrekt een middel om de fysiologische belasting t.g.v. loopafwijkingen objectief te kwantificeren, en de uitkomsten zijn nauwkeurig, reproduceerbaar, en gevoelig genoeg om klinisch relevante veranderingen in een individuele patiënt te detecteren. Echter, omdat de interpretatie van capaciteit metingen alleen een indicatie geeft over wat een persoon kan in een gestandaardiseerde situatie, zijn performance metingen nodig om te bepalen wat een persoon daadwerkelijk in zijn/haar dagelijks leven doet. Ook metingen op stoornis niveau zijn nodig, om onderliggende oorzaken van een verhoogd energieverbruik te achterhalen. Kennis van de relaties tussen de uitkomsten in de verschillende ICF domeinen maakt het mogelijk om revalidatie behandelingen te optimaliseren, zodanig dat deze meest waarschijnlijk zal resulteren in een functionele verbetering. Met betrekking tot biomechanische gangparameters in het stoornis domein en energie uitkomsten in het capaciteit domein werden in de hoofdstukken 6 en 7 dergelijke relaties onderzocht, en verstrekten informatie die gebruikt kan worden om de orthese behandeling te optimaliseren. Verder onderzoek is nodig om mogelijke

relaties tussen energie uitkomsten in het capaciteit domein en uitkomsten in het performance domein te onderzoeken.

Op basis van de bovenstaande overwegingen kan geconcludeerd worden dat de methodologische kwaliteit van het beoordelen van het energieverbruik bij patiënten met loopafwijkingen geschikt is 1) als hulpmiddel in de revalidatie behandeling, om 2) klinische interventies te evalueren of veranderingen in tijd te monitoren.

De klinische bruikbaarheid van energie metingen, d.w.z de potentiële rol van energie metingen voor klinische besluitvorming, werd ook geëvalueerd. Het concept van klinische bruikbaarheid werd gerelateerd aan de vraag of het gebruik van de resultaten een energie meting een andere behandeluitkomst zal opleveren dan zonder gebruik van de resultaten. Deze vraag werd beantwoord na een reflectie op de uitkomsten van de hoofdstukken 6 en 7, die lieten zien dat metingen van het energieverbruik informatie verstrekken over de effectgrootte van een toegepaste interventie. Namelijk, ze verstrekken informatie over het behandelingsresultaat op het domein van de fysieke inspanning van het lopen. Als zodanig, kan de beoordeling van het energieverbruik, als onderdeel van een meer uitvoerigere beoordeling, gebruikt worden in het proces van klinische besluitvorming om zodoende het potentieel voor functionele winst te bepalen. Omdat de beoordeling van het energieverbruik informatie verstrekt over potentiële functionele winst, kan het gebruik van dit meetinstrument daarmee ook een andere behandeling voorstellen dan dat zonder gebruik van het meetinstrument zou worden geadviseerd. Namelijk, wanneer de nadelen die een behandeling inherent met zich meebrengt groter zijn dan de functionele winst die bereikt kan worden, dan zou een patiënt kunnen kiezen om niet tot behandeling over te gaan, of de arts of therapeut zou kunnen adviseren om niet tot behandeling over te gaan, dan wel een andere behandeling adviseren.

Op basis van de bovenstaande overwegingen kan geconcludeerd worden dat de beoordeling van het energieverbruik tijdens lopen, als meetinstrument in het capaciteit domein, bijdraagt aan de revalidatie behandeling van patiënten met loopafwijkingen.

Tot slot worden drie aanbevelingen voor toekomstig onderzoek gedaan voor:

1. Klinische gangbeeld studies die het verband onderzoeken tussen capaciteit uitkomsten en performance uitkomsten, zoals activiteiten monitoring. Deze kennis zou kunnen bijdragen aan een beter begrip of veranderingen in het energieverbruik ook resulteren in veranderingen in de uitvoering van betekenisvolle functionele activiteiten van het dagelijkse leven.
2. Klinische gangbeeld studies die de mechanische eigenschappen van spieren en berekening van het mechanisch vermogen onderzoeken, om zodoende de onderliggende mechanismen van het verhoogde submaximale energieverbruik tijdens pathologisch lopen beter te kunnen begrijpen.
3. Klinische gangbeeld studies die het maximale energieverbruik, bij voorkeur gemeten tijdens een functionele looptest zoals de shuttle-run test, in combinatie met het submaximale energieverbruik onderzoeken, om zodoende de relatieve fysieke belasting van het lopen te bepalen. Dit zou gedaan kunnen worden als onderdeel van het ontwikkelen van cardio-respiratoire trainingsprogramma's, die wellicht een extra interventie mogelijkheid kunnen zijn in de behandeling van patiënten met loopafwijkingen.

Als aanbeveling voor de revalidatiepraktijk wordt bepleit dat het meten van het energieverbruik tijdens lopen onderdeel wordt van routine pre/post beoordeling van patiënten met een pathologische looppatroon wanneer het patiëntrelevante probleem gerelateerd is aan een verhoogde fysieke belasting van het lopen. Als zodanig, kan het als hulpmiddel voor selectie dienen, d.w.z om het potentieel voor functionele winst te bepalen en te beoordelen of behandeling van voordeel zal zijn. Ten tweede, kan het als hulpmiddel voor evaluatie dienen, om te bepalen of een toegepaste behandeling inderdaad tot een functionele verbetering heeft geleidt.